

Análise da paisagem do alto da bacia do Ribeirão Santo Antônio, município de Iporá-GO**Analysis of the landscape of the upper Ribeirão Santo Antônio, municipality of Iporá-GO**Jefferson Eduardo Silveira Miranda¹Reyner Lima Morais²Guilherme Vilela Araújo de Sá³Rodrigo Silva Barroso⁴Pedro Moreira de Sousa Junior⁵Fagner Junior Machado de Oliveira⁶**Resumo**

Com o aumento da densidade da população humana combinado ao crescimento econômico são necessárias novas alternativas para ocupar novas áreas naturais e usar recursos naturais, como a água. Neste cenário, a fragmentação da paisagem traz prejuízos à sociedade humana e à biodiversidade. Para entender como as atividades humanas mudam a paisagem, foi estudada a dinâmica de ocupação entre os anos de 1996 a 2016 no alto da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio (BSA), Iporá, Estado de Goiás. Observou-se a redução da cobertura vegetal na BSA nas últimas duas décadas. Também foi registrado uma perda significativa de 57,75% da cobertura vegetal, desde 1996, como resultado houve o aumento de fragmentos de vegetação na paisagem. Esses resultados são atribuídos ao crescimento da população humana local e das atividades associadas ao agronegócio (agricultura e pecuária) na região da BSA. Com a fragmentação da paisagem e remoção da cobertura da paisagem há a perda de habitats, de biodiversidade local e serviço ecossistêmicos. Diante do observado, acredita-se que estratégias de recuperação da cobertura da cobertura vegetal da BSA são necessárias para manutenção dos recursos hídricos e da biodiversidade local.

Palavras-Chave: Desmatamento; Antropização; Recursos Hídricos.

¹ Faculdade de Iporá (FAI), Departamento de Engenharia, Iporá - GO / jefferson.jesm@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3758-2211>

² Faculdade de Iporá (FAI), Tecnólogo em Gestão Ambiental, Iporá - GO / reynerlima@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8988-2016>

³ Faculdade de Iporá (FAI), Tecnólogo em Gestão Ambiental, Iporá - GO / guilhermevileladesa@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3272-2724>

⁴ Faculdade de Iporá (FAI), Tecnólogo em Gestão Ambiental, Iporá - GO / rodsambar2008@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3053-1596>

⁵ Pesquisador Adjunto da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus Capanema. Avenida Barão de Capanema S/N - Caixa D'Água, Capanema - PA – Brasil / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6964-562X>

⁶ Universidade Estadual de Maringá (UEM), PPG Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais / fagner_biologia@hotmail.com / ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-0602-310X>

Abstract

The growth of population density combined with the expansion economic activity, thinking about new alternatives are needed to occupy new natural areas and use natural resources, such as water. In this scenario, landscape fragmentation is detrimental to human society and biodiversity. To understand how the human activities, landscape changes, the dynamics of the human occupation of the upper Ribeirão Santo Antônio (BSA) watershed between years 1996 to 2016, Iporá, Goiás State was studied. Over the last two decades, was registered a significant loss of 57.75% of vegetation cover since 1996 resulted from the increase of vegetation fragments in the landscape. These results was attributed to the growth of the local human population and the activities associated with agribusiness (agriculture and livestock) in the BSA region. With landscape fragmentation and removal of landscape cover, habitat loss, local biodiversity, and ecosystem services are lost. Thinking about strategies to restore BSA vegetation cover are necessary to maintain water resources and local biodiversity.

Keywords: Deforestation; Anthropization; Water Resources.

Introdução

O avanço tecnológico das populações humanas é acompanhado de grandes mudanças na paisagem ao longo do tempo (LAMBIN; MEYFROIDT, 2011; NEIL et al., 2005). Sociedades aprenderam técnicas que mudam a estrutura física da paisagem para extrair e gerar recursos em benefício próprio (TILMAN, 2001). Nesse contexto, a paisagem pode ser definida como uma área espacialmente heterogênea formada pelo conjunto de características bióticas, abióticas e ações antrópicas (SILVA, 2004), incluindo fatores culturais e econômicos (WU; HOBBS, 2002). Geralmente, as mudanças antrópicas nas paisagens envolvem a remoção da cobertura vegetal, mecanização do solo e mudanças nas estruturas das bacias hidrográficas (PACHECO et al., 2018, 2014) e, conseqüentemente, causam a perda e fragmentação de habitats (AMICI et al., 2015).

Nos últimos 50 anos houve grandes mudanças das paisagens nos biomas brasileiros, principalmente devido ao aumento da densidade demográfica e aumento nos setores do agronegócio (BEUCHLE et al., 2015; JEPSON, 2005). Em especial, as mudanças mais acentuadas neste período são observadas no bioma Cerrado. Mais de 50% do território do Bioma Cerrado já foi convertido em lavouras, pastagens e cidades (KLINK; MACHADO, 2005; SILVA et al., 2006).

Em meio as vantagens econômicas que surgem com a modificação da paisagem, tem os impactos negativos como as alterações na estrutura e nos processos biológicos que refletem diretamente na perda e degradação dos serviços ecossistêmicos (para mais informações veja; CARDINALE et al., 2012; POWER, 2010). Serviços ecossistêmicos são aqueles produzidos pela natureza em que obtemos produtos como regulação climática, produção de oxigênio, renovação

dos recursos hídricos sem nenhum custo (ARTHINGTON et al., 2010; CARDINALE et al., 2012). Aqui destaca-se o papel dos recursos hídricos (i.e., água) capturados nas bacias hidrográficas para o abastecimento de diversos setores da sociedade, urbano, industrial, pecuária, agricultura. As bacias hidrográficas são fontes de alimentos (peixes, por exemplo), locais de lazer (rios, praias) e abrigam uma alta biodiversidade florística e faunística (AGOSTINHO; THOMAZ; GOMES, 2005).

Atualmente as bacias hidrográficas do Cerrado têm suas paisagens alteradas em função das atividades antrópicas (GARCIA; BALLESTER, 2016; WANTZEN et al., 2006). Essas atividades, como construção de barragens, remoção da cobertura vegetal, agrícola e construção de cidades nas unidades das bacias hidrográficas mudam a dinâmica fluvial do sistema ambiental (AZEVEDO-SANTOS et al., 2018; HUNKE et al., 2015). Além da fragmentação, da perda habitat e da biodiversidade nas áreas das bacias hidrográficas, ocorre a redução da área permeável, que diminui a recarga dos aquíferos e dos lençóis freáticos, e o aumento do carreamento de sedimento para os canais (HUNKE et al., 2015; PACHECO et al., 2014; ZHANG; SCHILLING, 2006). Assim, os estudos das paisagens das bacias hidrográficas são necessários para criar estratégias de gestão ambiental e ocupação dessas unidades geográficas.

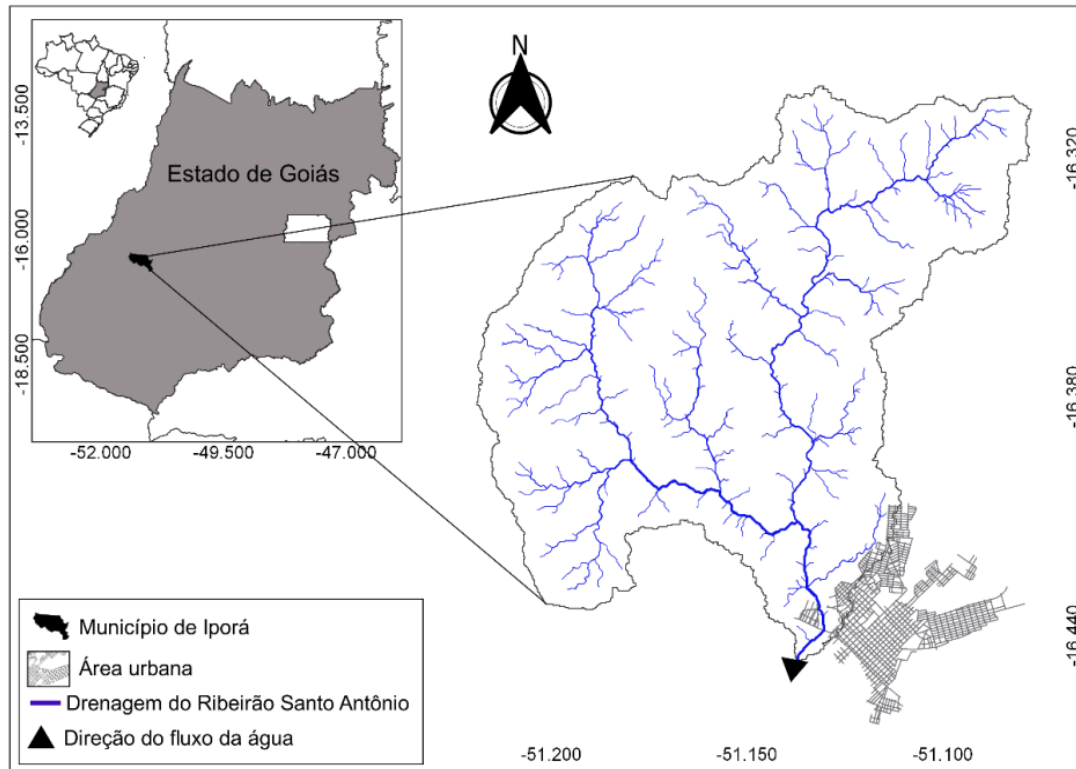
Em um contexto espacial, estudos da paisagem possibilitam aperfeiçoar o conhecimento funcional dos mosaicos e assim direcionar esforços para a conservação e manejo de recursos naturais (SILVA, 2004; TURNER, 2005). A paisagem é multifuncional e seus componentes naturais são a base dos recursos ecológicos (ANTROP, 2000). Nesse sentido, utilizar diferentes ferramentas e métricas é necessário para caracterizar as alterações no uso e cobertura do solo e a dinâmica da paisagem (MORAES et al., 2012). Assim, objetivou-se com este estudo foi avaliar as mudanças que ocorreram na paisagem no alto da bacia do Ribeirão Santo Antônio em 20 anos.

Metodologia

Área de Estudo

O alto da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio (BSA), possui aproximadamente 13.680 hectares e está localizada no município de Iporá, região centro-oeste do Estado de Goiás (Figura 1). A BSA está situada no Planalto Central, região de clima tropical (tipo AW; Köppen, 1948), caracterizado por duas estações bem definidas no decorrer do ano, verão úmido e inverno seco.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, em Iporá, Goiás.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Imagens e Análises

O trabalho foi realizado em 2017, com o intuito de analisar as mudanças na paisagem da BSA nos últimos 20 anos. O recorte temporal foi definido em duas décadas com base em observações de imagens do Google Earth (GOOGLE, 2017), considerando um período temporal anterior a uma crise hídrica em Iporá em 2017. De forma empírica, buscou-se definir um tempo necessário para detectar a variação mínima do uso do solo na BSA. Foi realizada uma análise quantitativa da fragmentação da paisagem na BSA entre os anos de 1996, 2006 e 2016, para observar as mudanças da paisagem nesse período. Para isso, foi feita a aquisição das imagens do satélite *Landsat* 5 e 8. As imagens foram adquiridas gratuitamente através da base de dados da *United States Geological Survey* (USGS; <https://www.usgs.gov/>), com resolução de 30 metros.

Trabalhou-se com as composições das bandas 4, 3 e 2 para *Landsat* 5 e bandas 5, 4 e 3 para o *Landsat* 8, para a caracterização dos tipos de paisagem. Considerou-se duas classes: Área

antrópica e Vegetação natural. A primeira compreendeu todos os processos de antropização (como pastagens e lavouras) e a segunda a vegetação natural regional.

Foi utilizado o software ArcGIS (ESRI, 2011) para tratar e classificar as imagens. Primeiro foi feita a composição das bandas para trabalhar com infravermelho e melhor identificação da vegetação. Em seguida realizou-se classificação supervisionada, com visitas na região para validar a classificação. Para calcular as métricas da paisagem (Quadro 1) trabalhou-se com o *software* FRAGSTATS™ 4 (MCGARIGAL *et al.*, 2012).

Quadro 1 - Métricas de paisagens analisadas na bacia hidrográficas do Ribeirão Santo Antônio entre os anos de 1996, 2006 e 2016.

Métrica	Nome da métrica	Descrição	Unidade de medida
SHAPE	Índice de forma	Maior ou igual a 1. Será igual a 1 quando o fragmento for quadrado e aumenta sem limite conforme o fragmento se torna irregular.	-
CICLE	Relação da circunferência com forma circular	Se aproxima de 0 para manchas circulares e se aproxima de 1 para manchas alongadas e lineares.	-
CONTIG	Índice de contiguidade	É 0 para fragmentos de um pixel e aumenta até 1 junto com o aumento da conectividade.	-
PLAND	Porcentagem da paisagem	Tamanho da classe em porcentagem	Porcentagem (%)
LPI	Índice de maior fragmento	Porcentagem da área ocupada pelo maior fragmento	Porcentagem
NP	Número de fragmentos	Quantidade de fragmentos na paisagem	-
AI	Índice de agregação	Igual a 0 quando não fragmentos próximos da mesma classe e aumenta à medida que a paisagem se torna mais agregada, é igual a 100 quando a paisagem é composta por um só fragmento.	Porcentagem (%)
PAFRAC	Dimensão fractal da relação perímetro-área	Iguala a 1 para fragmentos com perímetros de formato muito simples, como quadrados, e se aproxima de 2 para perímetros de forma complexa.	-

Fonte: Elaborado pelos autores, Adaptado de MCGARIGAL *et al.* (2012).

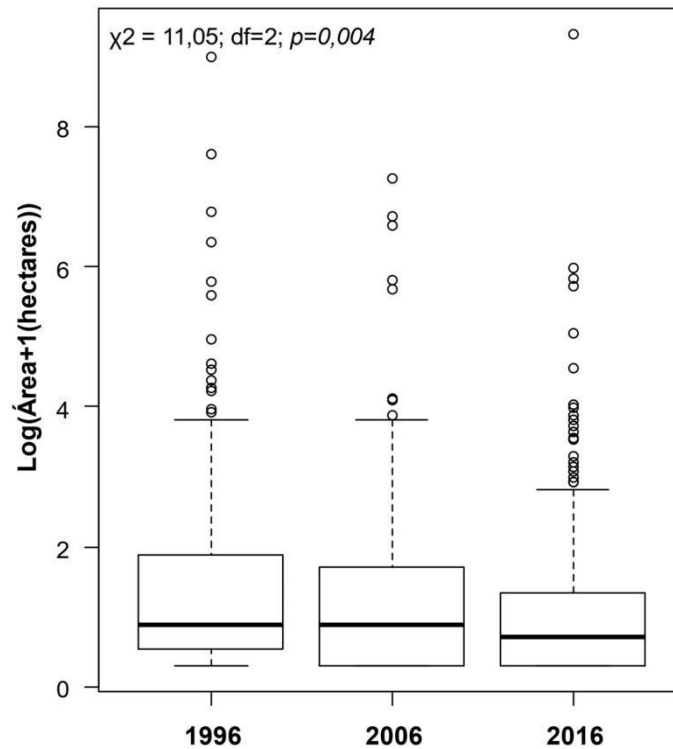
Para avaliar se houve diferenças na cobertura vegetal da BSA entre os anos de 1996, 2006 e 2016, foi feita uma análise de Kruskal-Wallis (KRUSKAL; WALLIS, 1952; GOTELLI E ELLISON, 2011). A análise foi realizada no programa R e adotou-se um nível de significância de $\alpha=0,05$ (R TEAM CORE, 2018).

Resultados

O alto da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio (BSA) teve perdas significativas da sua cobertura vegetal nas duas últimas décadas ($\chi^2 = 11,05$; $df=2$; $p=0,004$; Figura 2). Ao longo deste período cerca de 57,75% dos menos de 40% de cobertura vegetal natural que restava até

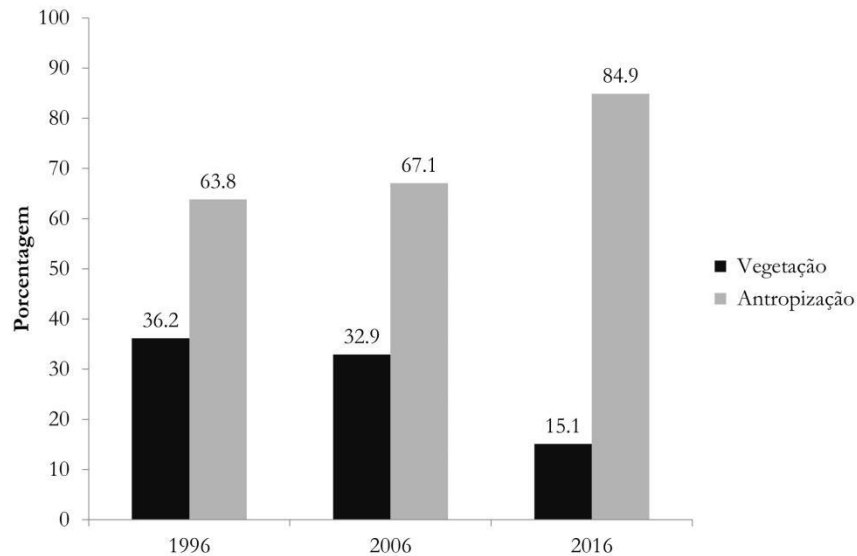
1996 foram transformados em áreas urbanas ou rurais (Figura 3). Considerando as perdas que houve antes de 2006, atualmente a BSA conta somente com 15,1% da vegetação natural em sua área de drenagem. Na década entre os anos de 2006 e 2016 ocorreram as maiores taxas de conversão de áreas naturais em antropizadas, cerca de 5,4 vezes maior em relação a década anterior (1996 a 2006).

Figura 2 - Comparação da quantidade de vegetação na bacia do Ribeirão Santo Antônio entre os anos de 1996 a 2016.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3 - Perda da cobertura de vegetação natural para ocupação e atividades antrópicas nas últimas duas décadas, no alto da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, em Iporá - GO.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Entre os anos de 1996 e 2016 duplicou o número de fragmentos na BSA. A agregação dos fragmentos de vegetação diminuiu (AI) e o maior fragmento está perdendo área (LPI), é notado um aumento de fragmentos simples (PAFRAC) e isolados (CONTIG) na área da bacia (tabela 1).

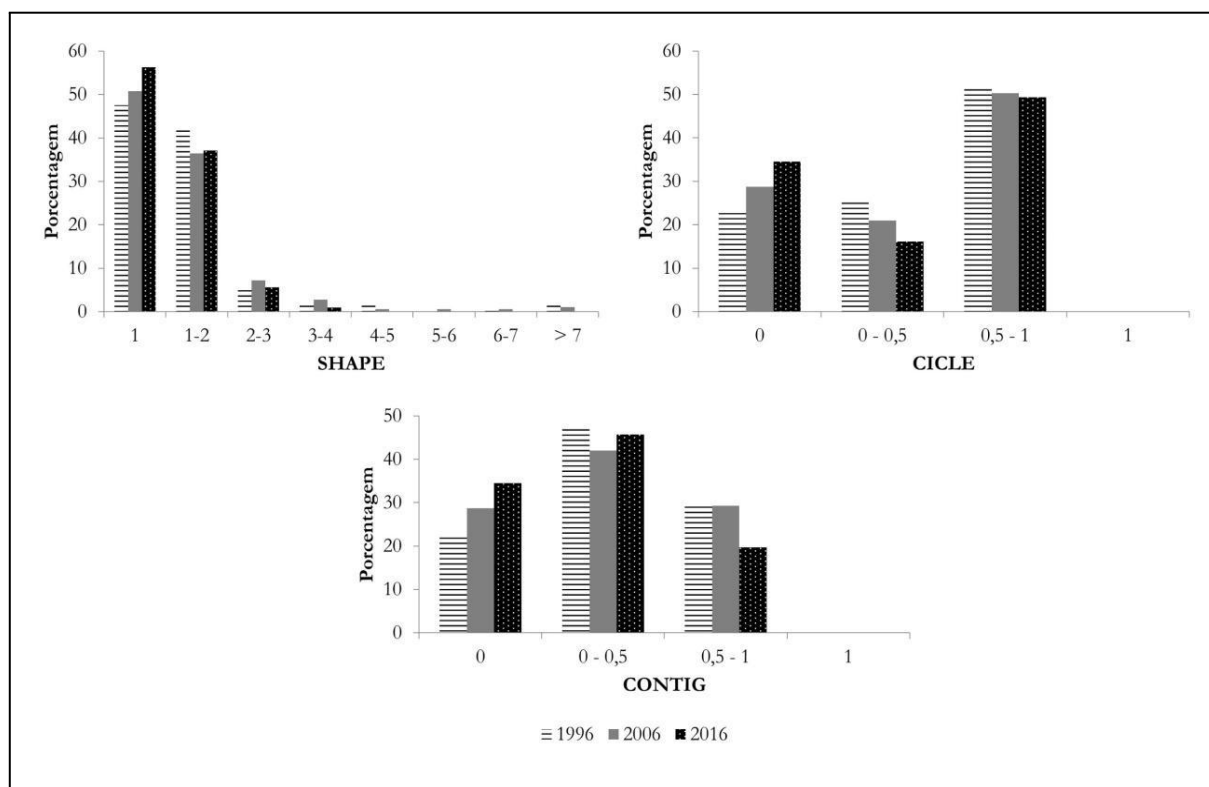
Tabela 1 - Valores das métricas da paisagem para cada ano de análise, sendo: Número de fragmentos (NP) a quantidade de fragmentos de vegetação; Tamanho do maior fragmento de vegetação (LPI), a porcentagem que o maior fragmento ocupa da paisagem; Média do índice de contiguidade (CONTIG_MN), que varia de 0, para paisagens sem conectividade, até 1, para paisagens completamente conectadas; Dimensão fractal perímetro-área (PAFRAC), em que 1 são fragmentos simples e 2 são fragmentos de perímetro complexo; Índice de agregação (AI), indicando qual a porcentagem da paisagem está agregada.

Métrica (unidade de medida)	Ano			Média	Desvio-padrão
	1996	2006	2016		
NP (n)	141	181	304	208,67	84,95
LPI (%)	15,1	10,5	3,0	9,53	6,15
CONTIG_MN (-)	0,3	0,3	0,2	0,30	0,04
PAFRAC (-)	1,4	1,5	1,3	1,42	0,07
AI (%)	83,8	80,7	77,4	80,63	3,21

Fonte: Elaborado pelos autores.

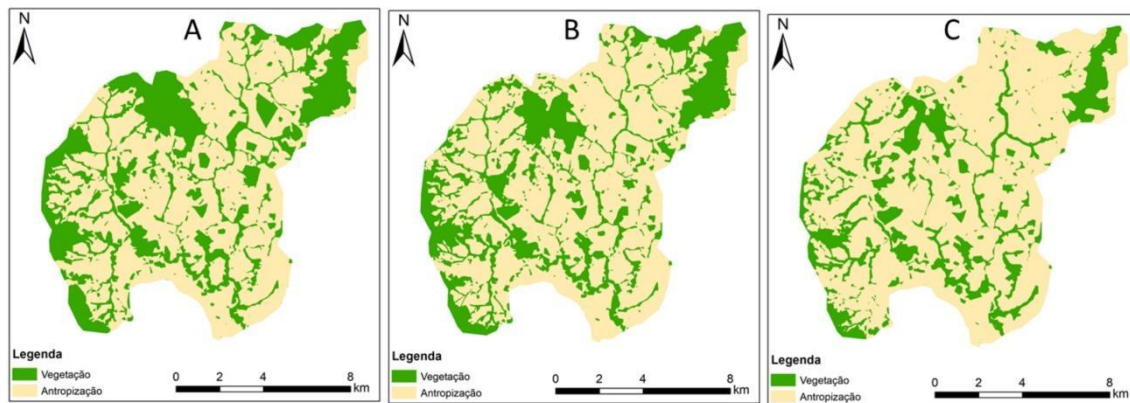
Houve o aumento de fragmentos circulares (CICLE) e simples (SHAPE) (Figura 4). Essa simplicidade foi confirmada com a análise de métricas a nível de paisagem (PAFRAC), conforme Quadro 1. Assim, nota-se que há vários fragmentos com pouca borda e uma tendência em aumentar a quantidade de fragmentos circulares (Figura 5).

Figura 4 - Métricas analisadas por fragmento na paisagem da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio em três anos diferentes. As métricas incluem o índice de forma (SHAPE – que aumenta conforme a irregularidade do fragmento), relação da circunferência com forma circular (CICLE – terá valor zero para fragmentos circulares e pode atingir valor um para manchas alongadas e lineares) e índice de contiguidade (CONTIG – possui valor zero para fragmentos de um pixel e aumenta até 1 com o aumento da conectividade).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 5 - Dinâmica ambiental da BSA entre os anos de 1996 (A), 2006 (B) e 2016 (C).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Discussão

Em escala local, os resultados mostram que mais de 84% da vegetação natural da bacia do Ribeirão Santo Antônio foi removida para dar lugar a diferentes atividades e a ocupação humana. Conseqüentemente, a paisagem da bacia hidrográfica foi fragmentada, sobrando poucos remanescentes florestais com diferentes formatos. Esse é um resultado esperado para paisagens em escalas regionais que segue uma tendência global de mudanças, uma vez que, a densidade populacional mundial ultrapassou os valores de sete bilhões de habitantes e com expansão do agronegócio aumentou a necessidade de mecanizar e ocupar áreas naturais ainda preservadas em grandes e pequenas escalas nas últimas décadas (TILMAN, 2001; LAURANCE et al., 2014; TOL, 2018).

A área antrópica representa a maior parte do uso e ocupação do solo da BSA, não diferente de muitas outras bacias hidrográficas (ETTO et al., 2013; JESUS et al., 2015). Essa situação demonstra risco, tendo em vista que a população urbana do município de Iporá depende diretamente da BSA para as atividades que envolvam água. Recentemente a população que usa os recursos hídricos da BSA passou por uma crise hídrica (JORNAL OESTE GOIANO, 2017). Neste cenário, conjectura-se que a soma das mudanças climáticas em escala global (e.g., mudanças nos ciclos hidrológicos, elevação da temperatura média da terra) com as alterações e a degradação dos ambientes em escala local e regional podem ter contribuído com a crise ambiental. Evidências mostram que a presença da vegetação na área de drenagem é necessária para proteção e manutenção dos recursos hídricos, principalmente em áreas de nascentes (DONADIO et al., 2005). Uma vez que as áreas vegetadas absorvem mais água da chuva e o escoamento superficial diminui,

logo a eficiência da recarga do lençol freático no período chuvoso é maior (GORDON et al., 1992; ZHANG; SCHILLING, 2006).

A perda de representatividade do maior fragmento da área de estudo juntamente com a diminuição do valor do índice de agregação enfatiza o avanço da antropização na bacia hidrográfica. O aumento de fragmentos circulares e a simplificação deles é um provável reflexo do avanço da agropecuária. Essa parte dos resultados mostra que com o tempo novas áreas da BSA estão sendo recrutadas para o agronegócio, atividade que, nas últimas cinco décadas, intensificou com o cultivo de monoculturas e criação de bovinos no bioma Cerrado (BEUCHLE et al., 2015; GARCIA; BALLESTER, 2016). Como implicações, essas atividades podem ser responsáveis pela perda da biodiversidade, pois grande parte da diversidade biológica conhecida está concentrada em regiões sob intenso impacto antrópico e com poucas áreas de proteção ambiental (MACHADO et al., 2008).

Outro fator que pode ter corroborado com a formação de fragmentos circulares é o fato da região possuir um relevo com grande quantidade de formas convexas, sendo algumas aguçadas no alinhamento das serras, além da inexistência de terrenos planos contíguos (SOUSA; RODRIGUES, 2010). Assim, os topos de morro da região provavelmente são os locais em que os remanescentes florestais se encontram e, por isso, tomam o formato circular.

O incremento de fragmentos na paisagem aumenta a perda e o isolamento de habitats na área de drenagem da bacia. Consequentemente, o efeito da perda e isolamento de habitats tem efeitos negativos sobre a biodiversidade florística e faunística local (SILVA; SOUZA, 2014). A perda de habitat diminui a riqueza de espécies e abundâncias das populações dessas áreas, mas o efeito do fragmento depende do tamanho da sua área, da sua forma e da distância entre outros fragmentos ou do maior remanescente florestal (CARVALHO et al., 2009; MARINI, 2001; MUYLAERT et al., 2016). A forma do fragmento também pode influenciar o tamanho do efeito de borda (i.e., a influência das condições da paisagem do entorno) (SILVA; SOUZA, 2014), por exemplo, fragmento retangulares e quadrados tem maiores efeitos de borda.

Resultados semelhantes ao do presente estudo foram registrados em outras bacias hidrográficas do Cerrado. Silva e Rosa (2007) já apontavam a necessidade de melhor compreender a paisagem das bacias do Cerrado há mais de dez anos, quando indicaram grande redução da vegetação natural das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos e bacias

hidrográficas federais de Minas Gerais. Para a bacia hidrográfica do Rio Preto, região de Cerrado no Oeste da Bahia, também constatou-se redução da área de vegetação natural e fragmentação da paisagem (Santos, 2020). Santos e Martins (2018), que realizaram análise temporal da paisagem na bacia hidrográfica do Rio Claro, em Goiás, apontaram redução significativa de vegetação remanescente, com o isolamento dessas áreas, o que não garante áreas seguras para habitat de diversas espécies. Uma análise de duas bacias hidrográficas no sudoeste de Goiás também apontou semelhança com os resultados encontrados aqui, em que apontou haver atividade agropastoril em torno de 60% da bacia do ribeirão Paraíso até 2015 (LOPES et al., 2016). Nota-se que o padrão de redução de vegetação e aumento da fragmentação da paisagem nas bacias hidrográficas do Cerrado parece ser comum até meados de 2016, quando os dados foram analisados para esse trabalho.

Dito isso, vale ressaltar que o Cerrado é de grande importância para a manutenção dos recursos hídricos brasileiro, abastecendo seis das oito grandes bacias hidrográficas do país (LIMA; SILVA, 2005). Estudos de bacias hidrográficas por meio de ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) é vantajoso tanto em relação ao custo-benefício, como para a gestão dos recursos hídricos em si (ALVES; SOBRINHO, 2010). Portanto, é necessário maior empenho na fiscalização por parte dos proprietários rurais e adoção de medidas por parte do Poder Público, para reduzir ou controlar os desmatamentos (MASCARENHAS et al., 2009). É preciso que estudos pontuais, considerando a realidade de cada local, sejam realizados para ampliar o conhecimento a respeito da paisagem nas bacias hidrográficas do Cerrado e possibilite melhorar a gestão dos recursos hídricos no bioma.

Considerações Finais

Diante do cenário atual de ocupação da BSA e o nível de degradação atual da bacia, acredita-se que é necessário a criação e execução de planos de recuperação da vegetação nas nascentes, além de recuperar as áreas de proteção permanente (APP). Também é necessário criar planos de manejo e usos dos recursos hídricos da bacia, uma vez que, a água é um recurso finito e a capacidade de armazenamento hídrico de uma bacia é limitado. Sugere-se que sejam realizados projetos de educação ambiental e conscientização com a população, tendo em vista que a área de estudo tem grande importância para o abastecimento hídrico da cidade de Iporá.

Agradecimentos

Agradecemos à Faculdade de Iporá (FAI), pelo apoio à pesquisa durante a coleta e análise de dados, que foi parte do trabalho de conclusão de curso de GVAS, RLM e RSB, feita em 2017. FJMO é grato a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida.

Referências

- AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**. v. 1, n. 1, p. 70-78, 2005.
- ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**. v. 30, n.1, p. 46-57, 2010. ISSN 0100-6916. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000100005>.
- AMICI, V.; LANDI, S.; FRASCAROLI, F.; ROCCHINI, D.; SANTI, E.; CHIARUCCI, A. Anthropogenic drivers of plant diversity: perspective on land use change in a dynamic cultural landscape. **Biodiversity and Conservation**. v. 24, n. 13, p. 3185-3199, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0949-x>
- ANTROP, M. Background concepts for integrated landscape analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 77, n. 1-2, p. 17-28, 2000.
- ARTHINGTON, A. H.; NAIMAN, R. J.; McCLAIN, M. E.; NILSSON, C. Preserving the biodiversity and ecological services of rivers: new challenges and research opportunities. **Freshwater Biology**. v. 55, n. 1, p. 1-16, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02340.x>
- AZEVEDO-SANTOS, V. M.; FREDERICO, R. G.; FAGUNDES, C.K.; POMPEU, P.S.; PELICICE, F.M.; PADIAL AA, et al. Protected areas: A focus on Brazilian freshwater biodiversity. **Diversity and Distributions**. n. 1, p. 1-7, 2018. <https://doi.org/10.1111/ddi.12871>
- BEUCHLE, R.; GRECCHI, R.C.; SHIMABUKURO, Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**. v. 58, p. 116-127, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.017>
- CARDINALE, B. J.; DUFFY, J.E.; GONZALEZ, A.; HOOPER, D.U.; PERRINGS, C.; VENAIL, P. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**. v. 486, n. 7401, p. 59-67, 2012. <https://doi.org/10.1038/nature11148>
- CARVALHO, F. M. V.; DE MARCO, P.; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**. v. 142, n. 7, p. 1392-1403, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.031>
- DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**. v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100013>
- ESRI. ArcGis Desktop. 2011.

ETTO, T. L.; LONGO, R. M.; ARRUDA, D. D. R.; INVENIONI, R. Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras - Campinas -SP. **Revista Árvore**. v. 37, n. 6, p. 1063-1071, 2013.

GARCIA, A.S.; BALLESTER, M. V. R. Land cover and land use changes in a Brazilian Cerrado landscape: drivers, processes, and patterns. **Journal of Land Use Science**. v. 11, n. 5, p. 538-559, 2016. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2016.1182221>

GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com/>. 2017.

GORDON, N. D.; MCMAHON, T.A.; FINLAYSON, B.L.; GIPPEL, C. J.; NATHAN, R. J. **Stream hydrology: An introduction for ecologists**. Londres: John Wiley & Sons, 1992.

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

HUNKE, P.; MUELLER, E. N.; SCHRÖDER, B.; ZEILHOFER, P. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. **Ecohydrology**. v. 8, n. 6, p.1154-1180, 2015. <https://doi.org/10.1002/eco.1573>

_____. Já falta água em algumas casas de Iporá. *Jornal Oeste Goiano*. Disponível em: <https://www.oestegoiano.com.br/noticias/meio-ambiente/ja-falta-agua-em-algumas-casas-de-ipora>, acessado em 21/10/2017.

JEPSON, W. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. **The Geographical Journal**. v. 171, n. 2, p. 99-111, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2005.00153.x>

JESUS, E. N.; FERREIRA, R. A.; ARAGÃO, A. G.; SANTOS, T. I. S.; ROCHA, S. L. Estrutura dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, como subsídio à restauração ecológica. **Revista Árvore**. v. 39, n. 3, p. 467-474, 2015. ISSN 1806-9088. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000300007>.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**. v. 19, n. 3, p.707-713, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>

KÖPPEN, W. **Climatología: Con un estudio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. **Journal of the American Statistical Association**. v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952. <https://doi.org/10.2307/2280779>

LAMBIN, E. F.; MEYFROIDT, P. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v. 108, n. 9, p. 3465-3472, 2011. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100480108>

LOPES, S. M. F.; CABRAL, J. B. P.; BRAGA, C. de C.; RAMALHO, F. L. Avaliação espaço-temporal do uso da terra nas bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 27, 2016. DOI: 10.5216/revgeoamb.v0i27.44758.

LAURANCE, W. F.; SAYER, J.; CASSMAN, K. G. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. **Trends in Ecology & Evolution**. v. 29, n. 2, p. 107-116, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001>

- LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Ed). **CERRADO: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2005.
- MACHADO, R. B.; AGUIAR, L. M. S.; ALBERTO, A. A. J. F; Nogueira, C. C.; RAMOS, M. B. N. Caracterização da fauna e flora do Cerrado. In: **Savanas - Desafios e Estratégias Para o Equilíbrio Entre Sociedade, Agronegócio e Recursos Naturais**. 2008.
- MARINI, M. Â,. Effects of forest fragmentation on birds of the cerrado region, Brazil. **Bird Conservation International**. v. 11, n. 1, p. 13-25, 2001. <https://doi.org/10.1017/S0959270901001034>
- MASCARENHAS, L. M. D. A.; FERREIRA, M. E; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**. v. 21, n. 1, p. 5-18, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132009000100001>.
- MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; ENE, E. **FRAGSTATS V4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps**. 2012.
- MORAES, M. E. B.; GOMES, R. L.; THÉVENIN, J. M. R.; SILVA, G. S.; VIANA, W. R. C. C. Análise da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Almada (BA) com base na fragmentação da vegetação. **Caminhos de Geografia**. v. 13, n. 41, p. 159-169, 2012.
- MUYLAERT, R. L.; STEVENS, R. D.; RIBEIRO, M. C. Threshold effect of habitat loss on bat richness in cerrad-o-forest landscapes. **Ecological Applications**. v. 26, n. 6, p. 1854-1867, 2016. <http://dx.doi.org/10.1890/15-1757.1>
- NEIL, W. A.; ARNELL, N. W.; TOMPKINS, E. L. Successful adaptation to climate change across scales. **Global Environmental Change**. v. 15, n. 2, p. 77-86, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005>
- PACHECO, F. A. L.; SANCHES, L. F. F. VALLE JUNIOR, R. F.; VALERA, C. A.; PISSARRA, T. C. T. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. **Current Opinion in Environmental Science & Health**. v. 5, p. 79-86, 2018.
- PACHECO, F. A. L; VARANDAS, S. G. P.; SANCHES, L. F. F; VALLE JUNIOR, R. F. Soil losses in rural watersheds with environmental land use conflicts. **Science of The Total Environment**. v. 485-486, n. 1, p. 110-120, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.069>
- POWER, A. G. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**. v. 365, n. 1554, p. 2959-2971, 2010. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0143>
- R TEAM CORE. **A Language and environment for statistical computing**. 2018.
- SANTOS, C. A. P. Fragmentação da Paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Preto (BHRP) – Cerrado Baiano. **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v.9, n.1, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2020v9i1.p256-272>
- SANTOS, P. T.; MARTINS, A. P. Classificação da cobertura vegetal e do uso da terra da bacia hidrográfica do Rio Claro, Goiás, para os anos de 1985, 1995, 2005 e 2016. **Geoambiente On-line**,

Goiânia, n.30, 2018. DOI: 10.5216/revgeoamb.v0i30.52837.

SILVA, J. F.; FARINAS, M. R.; FELFILI, J. M.; KLINK, C. A. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**. v. 33, n. 3, p. 536-548, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01422.x>

SILVA, M. A. **Ecologia da paisagem: fundamentos e aplicações**. Papel Virtual Editora. 2004.

SILVA, M. S. F.; SOUZA, R. M. Spatial patterns of forest fragmentation in the Flona Ibura – Sergipe. **Mercator**. v. 13, n. 3, p. 121-137, 2014. <https://doi.org/10.4215/RM2014.1303.0009>

SILVA, M. K. A.; ROSA, R. Cobertura vegetal natural e uso antrópico nas UGRH's e bacias hidrográficas federais do bioma Cerrado – MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.19, n.1, 2007.

SOUSA, F. A.; RODRIGUES, S. C. Mapeamento geomorfológico de Iporá – GO. **Anais do VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Recife, 2010. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageos/detalhe/9>

TILMAN, D. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. **Science**. v. 292, n. 5515, p. 281-284, 2001. <https://doi.org/10.1126/science.1057544>

TOL, R. S. J. The Economic Impacts of Climate Change. **Review of Environmental Economics and Policy**. v. 12, n. 1, p. 4-25, 2018. <http://hdl.handle.net/10.1093/reep/rex027>

TURNER, M. G. Landscape Ecology: What Is the State of the Science? **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**. v. 36, n. 1, p. 319-344, 2005. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.102003.152614>

WANTZEN, K. M.; SIQUEIRA, A.; CUNHA, C. N.; SÁ, M. F. P. Stream-valley systems of the Brazilian Cerrado: impact assessment and conservation scheme. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**. v. 16, n. 7, p. 713-732, 2006. <https://doi.org/10.1002/aqc.807>

WU, J.; HOBBS, R. Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis. **Landscape Ecology**. v. 17, n. 4, p. 355-365, 2002. <https://doi.org/10.1023/A:1020561630963>

ZHANG, Y. K.; SCHILLING, K. E. Effects of land cover on water table, soil moisture, evapotranspiration, and groundwater recharge: A Field observation and analysis. **Journal of Hydrology**. v. 319, n. 1-4, p. 328-338, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.044>